

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ЭНЕРГИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.

**Петраш В.Д.** (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*).

Установлено, что экономия первичного топлива достигается повышением уровня технологического теплоиспользования с уменьшением тепловых отходов при регенеративном их применении, а также в процессе абонентского потребления теплоты внешними системами с высоким коэффициентом её использования, имеющих низкий КПД по замещаемому теплоисточнику.

Вращающиеся печи являются основным видом технологического оборудования в производстве вяжущих и стеновых строительных материалов. Через их боковую поверхность теряется в окружающую среду до 30 % расходуемого топлива [1]. Разработанный способ [2] регулируемого воздушоструйного охлаждения поверхности позволяет стабилизировать процесс внешнего теплообмена печи независимо от изменения температуры наружного воздуха. Определим возможную экономию первичного топлива в процессе утилизации теплоты, теряемой с боковой поверхности печи, используя рекомендуемую методологию [3] оценки эффективности регенеративного и внешнего теплопотребления.

На рис.1 представлена тепловая схема производства основных видов строительных материалов в обжиговой печи. Сплошные линии отражают обобщённую взаимосвязь потоков тепла в процессе нагрева исходных материалов и охлаждения выпускаемого продукта с утилизацией теплоты. Они указывают также на возможные пути использования тепловых стоков с боковой поверхности для регенеративного и внешнего потребления.

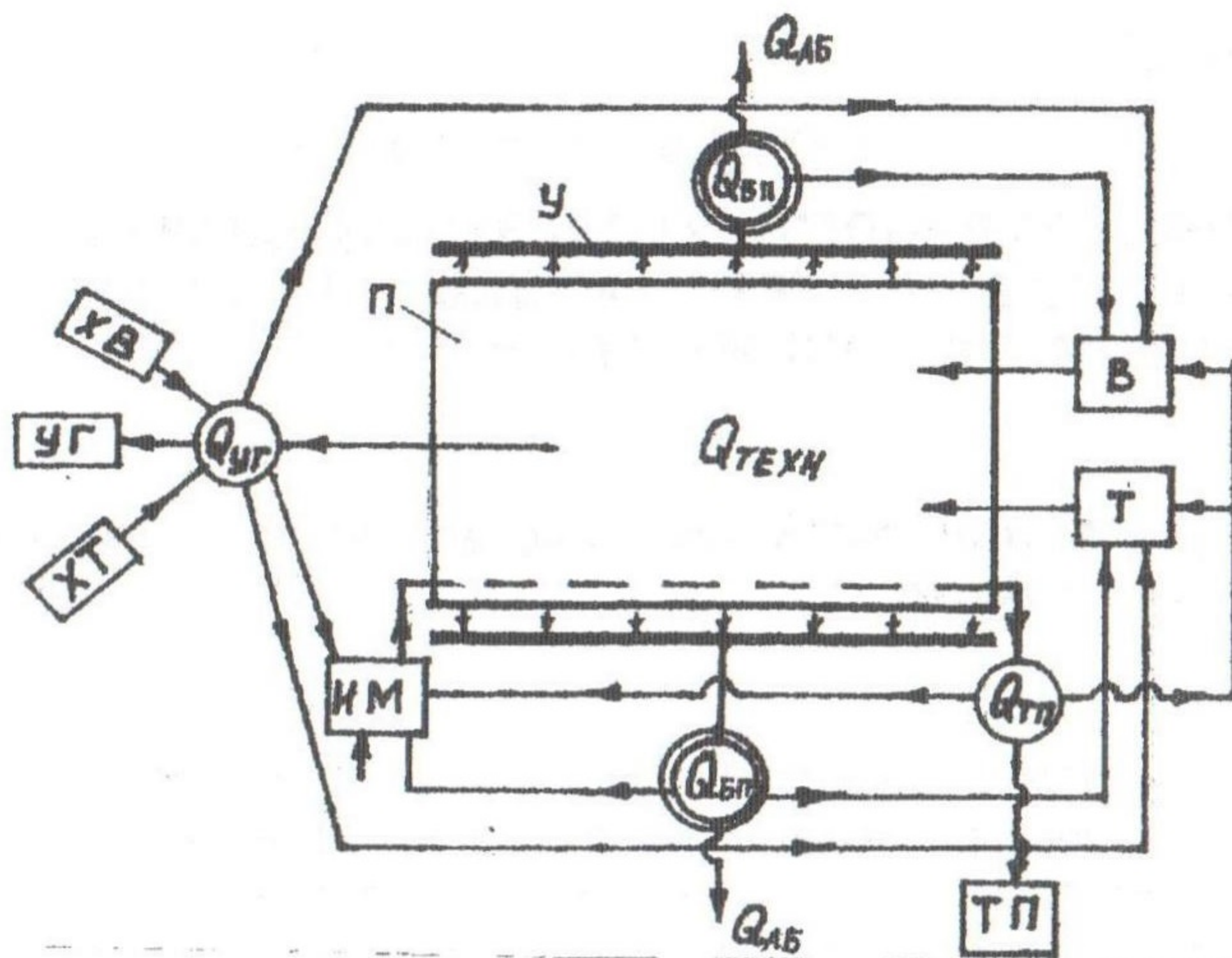


Рис. 1. Тепловая схема производства строительных материалов в обжиговой печи с регенеративным и внешним теплоиспользованием: П – печь обжига; У – укрытие печи; ХТ и Т – соответственно холодное и подогретое топливо; ХВ и В – соответственно, холодный и подогретый воздух; УГ – уходящие газы; ИМ – исходные материалы; ТП – технологический продукт;  $Q_{техн}$ ,  $Q_{бп}$ ,  $Q_{тп}$ ,  $Q_{уг}$ ,  $Q_{аб}$  – тепловые потоки, соответственно: необходимый для технологического производства; с боковой поверхности; от технологического продукта; уходящих газов и регулируемого отбора с боковой поверхности печи для абонентских систем

Для оценки той части теплоты сжигаемого топлива, которая расходуется на технологические нужды  $Q_{техн}$  и включает потери теплоты через внешние ограждения  $Q_{ос}$  [4], которые для обжиговых печей определяются прежде всего тепловыми стоками  $Q_{бп}$  с боковой поверхности, используется коэффициент  $\eta_o$  отбора теплоты (именуемой также КИТ)

$$\eta_o = \frac{Q_{техн} + Q_{ос}}{BQ_H^P} \quad (1)$$

где  $B$  – расход топлива, кг/с.

Представив  $Q_{\text{техн}} + Q_{\text{ос}} = Q_{\text{техн}} (1 + Q_{\text{ос}}/Q_{\text{техн}})$ , из анализируемого соотношения следует, что наивысший результат экономии топлива достигается при наиболее полном использовании  $Q_{\text{ос}}$  с одновременным снижением  $Q_{\text{ос}}/Q_{\text{техн}}$ .

Расход топлива в печи при завершении процесса горения определяется из теплового баланса камеры рабочего пространства [4]

$$B = \frac{Q_{\text{техн}} + Q_{\text{ос}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} + q_{\text{ф}} - q_{\text{ог}}}, \quad (2)$$

где  $q_{\text{ф}}$  – удельная физическая теплота компонентов горения, Дж/кг;

$q_{\text{ог}}$  – удельная физическая теплота отходящих газов, Дж/кг.

Полезно использованная теплота сжигаемого топлива обеспечивает необходимую производительность агрегата по выпуску технологической продукции, исходя из чего справедливо балансное соотношение [4].

$$\eta_{\text{о}}^{\text{т}} B (Q_{\text{н}}^{\text{р}} + q_{\text{ф}} - q_{\text{ог}}) = P c_{\text{м}} (t_{\text{м}}^{\text{max}} - t_{\text{м}}^{\text{н}}), \quad (3)$$

где  $\eta_{\text{о}}^{\text{т}}$  – топливный КПД агрегата без внешнего теплоиспользования;

$P$  – производительность по выпускаемой продукции теплотехнологического агрегата, кг/с;

$c_{\text{м}}$  – средняя удельная теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/(кг °С);

$t_M^{\max}$  и  $t_M^H$  - соответственно максимальная и начальная температура обрабатываемого материала, °С.

Внешнее использование тепловых отходов, рассматриваемое, как косвенный способ снижения энергозатрат, обеспечивает экономию топлива [3,4]

$$\Delta B_{\text{эк}} = \sum_1^i \left( \frac{Q_{\text{вн},i}^{\text{т.от}} \cdot \eta_{\text{исп},i}^{\text{т.от}}}{\eta_{\text{зам},i} \cdot Q_H^P} \right) \quad (4)$$

где  $Q_{\text{вн},i}^{\text{т.от}}$  - общее количество тепловых отходов, Дж;

$\eta_{\text{исп},i}^{\text{т.от}}$  - коэффициент внешнего использования тепловых отходов;

$\eta_{\text{зам},i}$  - КПД замещаемого источника теплоты.

Совместное решение уравнений (1), (2), (3), (4) с учётом оптимальных условий естественного охлаждения печи в процессе регулирования охлаждения [5] по рациональным условиям [6] позволяет установить обобщённую зависимость для оценки экономии первичного топлива, при использовании теплового потока  $Q_{\text{бп}}$ , для абонентского теплоснабжения с учетом режимных параметров технологического процесса, в следующем виде

$$\Delta B = \sum_1^i \left( \frac{A_i \alpha_i^e (\tau_{\text{п},i} - t_H^e) \cdot \eta_{\text{исп}}^{\text{т.от}}}{\eta_{\text{зам},i}} \right) \cdot \frac{B \eta_0 \eta_0^T}{P c_M (t_M^{\max} - t_M^H)}, \quad (5)$$

где  $\alpha_i^e$  - коэффициент теплообмена на поверхности укываемого участка печи [5];

$A_i$  - площадь поверхности укываемого участка печи, м<sup>2</sup>;

$\tau_{п,i}, t_{н}^e$  - температура на внешней поверхности укываемого участка печи и наружного воздуха при оптимальных условиях естественного охлаждения, °С;  
 $i$  - соответствующий участок обжиговой печи.

### Вывод

Эффективность экономии первичного топлива достигается повышением уровня технологического теплоиспользования при уменьшении тепловых отходов с первоочередным их регенеративным применением, а также в процессе абонентского теплопотребления внешними системами с высоким коэффициентом её использования, имеющих низкий КПД по замещаемому теплоисточнику.

### Литература

1. Мазуров Д.Я. Теплотехнологическое оборудование заводов вяжущих строительных материалов М.: Стройиздат, 1982г. 245с.
2. В.Д.Петраш, М.М.Полунин Метод расчета теплоэнергосберегающих устройств со струйной интенсификацией теплообмена в сносящем потоке Промышленная теплотехника. №4-6, 1994. Киев.
3. Ключников А.Д., Экономика теплотехнологий и вопросы энергосбережения М.: Энергоатомиздат, 1986г. 125с.
4. Ключников А.Д. и др. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки, под ред. Ключникова А.Д., М.: Энергоатомиздат, 1989г. 336с.
5. М.М.Полунин, В.Д.Петраш Совместная работа теплоутилизирующего комплекса обжиговой вращающейся печи и теплопотребляющих систем. Известия вузов, Строительство. №11, 1996, Новосибирск.
6. В.Д.Петраш, М.М.Полунин, Расчетные климатические параметры для вращающихся обжиговых печей Строительные конструкции, материалы, инженерные системы, экологические проблемы. Сборник трудов, Министерство образования Украины, ОГАСА, Одесса, 1998.